

微生物機能によるビーチロックの生成促進に関する研究

長野高専 学生会員 荒井 啓佑 正 会員 畠 俊郎

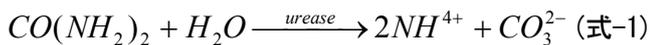
1. はじめに

地球温暖化問題に関連し、CO₂排出量の削減に対する社会的関心が高まっている。現状、波のエネルギーを減衰・消散させる目的で港湾施設の多くにテトラポッドが使用されている。テトラポッドの更新においては、主要材料の1つであるセメントが生産時に多くのCO₂を排出することが温暖化対策の面で考えた場合に課題になると考えられる。そのため、本研究ではテトラポッドの低CO₂負荷を特徴とする補修および長寿命化を目的とし、微生物の機能を活用した新たな維持管理技術の開発に取り組んでいる。ここでは、天然プロセスにおいて海砂の固化が認められている石川県の曾々木海岸から単離した微生物を用いたカルサイト析出試験を行い、ビーチロック生成への関与が考えられるセメント物質の1つとしてカルサイトの析出が期待できるかどうか検討した。なお、ビーチロックとは「砂浜の潮間帯に生ずる固結した石灰質岩」と定義され、沖縄、長崎、石川などの沿岸域で確認されている。

2. 研究フレーム及び手法

2-1. 試験の概要

文献調査よりビーチロックの生成が報告されている石川県曾々木海岸において海水及び湧水を採取し、ウレアーゼ活性を持つ微生物についてスクリーニングを行う。なお、ウレアーゼ活性とは土壌をはじめ大気中や水の中に広く分布する微生物がもつ酵素（ウレアーゼ）を産出する能力のことである。微生物機能によるカルサイト生成・溶解のメカニズムを式-1, 2に示す。



その後、ウレアーゼ活性が認められた微生物を用いて曾々木海岸で採取した海砂の間隙中に炭酸カルシウムを析出するか検証した。具体的には、純水にて洗浄した曾々木海岸の海砂を対象とし、ウレアーゼ活性を持つ微生物および固化培養液を段階的に添加するカラムによる固化試験（試験期間 11 日）を行うこととした。

2-2. 実験手順

2-2-1. ウレアーゼ活性を持つ微生物の単離

曾々木海岸周辺におけるウレアーゼ産出微生物の単離を目的とし、曾々木海岸で採水した海水と湧水からそれぞれ標準寒天培地と海洋微生物向け非選択培地を用いて単離を行った。

2-2-2. カラムによる固化試験

2-2-1 の結果から得られた曾々木海岸由来のウレアーゼ活性を持つ微生物を用いた海砂の固化実験を行った。なお、固化実験の実施においては本検討において新たに単離した微生物 (No.18) と、比較対象とし海域由来のウレアーゼ産出微生物であるとともに、豊浦砂の固化効果が報告されている *Sporosarcina aquimarina* (以下、*S.aquimarina* と称す) の 2 種類を用いることとした¹⁾。試験期間は 11 日間とし、20℃、湿度 50%の恒温室内にて実施した。試験期間中は、カラム下部より固化溶液を回収するとともに、毎日 75mL ずつ、上部より新しい固化溶液を添加した。

固化溶液の組成を表-3 に示す。なお、供試体は Dr=50%となるよう、炉乾燥後の曾々木海岸にて採取した海砂 267.75g を 3 層に分けそれぞれ 15 回ずつ突き固める方法により作成した。

表-3 固化溶液組成

培養液組成	Nutrient Broth	3	g
	NH ₄ CL	10	g
	NaHCO ₃	2.12	g
	Urea	9(0.15mol/L)	g
	CaCl ₂	16.64(mol/L)	g
	純水	1,000	mL

3. 実験結果および考察

3-1. ウレアーゼ活性を持った微生物の単離

今回の試験において、海水由来のウレアーゼ産出微生物を単離することができなかった。一方、湧水からは pH=4.0 程度の強酸性であるにもかかわらず 1 株単離することができた。曾々木海岸で形成されたビーチロックでは、ほぼすべての周辺に湧水が確認できたことから湧水から単離したこの微生物が、ビーチロック生成に寄与していると考えられる。

3-2. カラムによる固化試験

カラム試験の実施状況を写真-1に、カラム下部より回収した浸出液に含まれる pH 濃度の推移を図-1 にそれぞれ示す。

写真-1 カラム試験実施状況

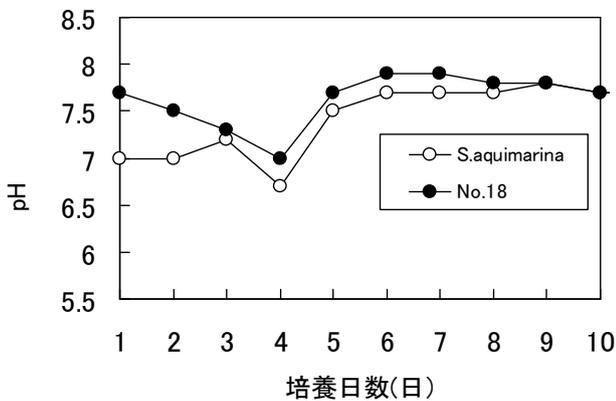


図-1 pHの推移

試験の結果から、pHの推移は両検体とも7.0以上のアルカリ側を維持する傾向が認められ、炭酸カルシウムの析出が期待できる結果となった。浸出液に含まれるカルシウムイオン濃度を図-2、固化溶液および浸出液に含まれるカルシウムイオン濃度の差から計算で求めたカルサイト(CaCO₃)析出量を図-3 にそれぞれ示す。No.18, *S.aquimarina* 共に炭酸カルシウムの析出が確認された。この実験結果から、曾々木海岸の湧水から新たに単離した No.18 株は炭酸カルシウム析出促進能力が明らかとなっている *S.aquimarina* と類似した機能があると考えられる。また、図-2 に示す浸出水中に含まれるカルシウムイオン濃度の比較結果から、実験開始から5日目までの推移が微生物種により異なることが明らかとなった。このことは、*S.aquimarina* より No.18 の方が試験開始直後からカルサイト析出を促進する能力が高いことを表しており、No.18 の固化速度が既往の微生物より速い可能性が示されたと考えている。

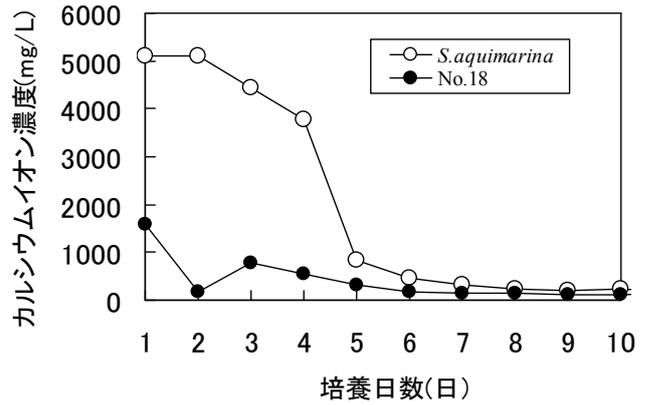


図-2 カルシウムイオン濃度

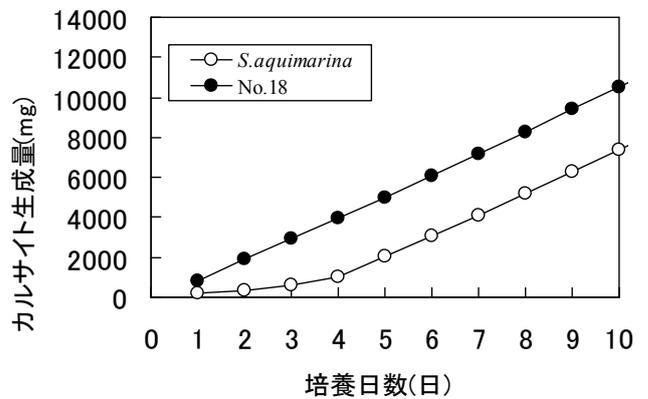


図-3 カルサイト生成量

4. まとめおよび今後の展開

本研究では微生物機能を用いたビーチロックの生成について検討した。曾々木海岸の沿岸から単離した微生物を用いたカルサイト析出についてカラムを用いた固化試験を行った。その結果、曾々木海岸の沿岸にはウレアーゼ活性を持つ微生物が存在していることが明らかとなった。また、新たに単離したウレアーゼ活性を持つ微生物はカルサイトを生成することが明らかとなった。今後は、せん断波速度の測定や3軸セルを用いた土の強度試験を行い、単離した微生物を用いて生成した人工ビーチロックと曾々木海岸で採取した天然ビーチロックの比較を行いたいと考えている。併せて、固化試験の日数や固化溶液の濃度がカルサイトの析出に伴う強度増進に与える影響について検討していきたい。

参考文献

- 1) 赤津由伊子：沿岸環境における微生物固化の適用性に関する実験的検討, 平成 22 年度長野工業高等専門学校 卒業論文